

AN: PAT 2000-595403

TI: System for regulating IC engine with gas changing valves with variable control for variable adjustment of combustion air amount to be supplied with throttle operable independent of valves with regulating-control unit

PN: DE29923272-U1

PD: 07.09.2000

AB: NOVELTY - The system is designed so that with the failure to reach the reference pressure in the regulating and control valve, a control signal activates the throttle unit in the engine suction pipe, and with the exceeding of the reference pressure in the regulating and control valve, at least one control signal is producible, activating a gas exchange valve. DETAILED DESCRIPTION - The actual accelerator setting is assigned a desired air mass (L soll,O) and a desired pressure (P soll,O P soll,k). The desired pressure is compared with a reference pressure (P a). With the failure to reach the reference pressure, the control of the desired air mass results across the throttle unit in the engine suction pipe. The exceeding of the reference pressure results in the control of the desired air mass across the gas change valves.; USE - IC engines with variable valve control. ADVANTAGE - The system enables the fuel-air ratio in an IC engine to be adjusted quickly and reliably in a wide operating range. Esp. allows amount of air to be exactly controlled in advance. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure 4 shows the system for adjusting IC engine with variable valve control and with a throttle unit. Desired air mass 101 suction pipe pressure regulator with anticipator control 102 Desired air vol. 103 pressure-temp. compensation 104 Control limits 105 Ignition 106 Fuel injection 107

PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT; (DAIM ) DAIMLERCHRYSLER AG; (GANS/) GANSER T; (KAIS/) KAISER T; (KOCH/) KOCH C R; (KUHN/) KUHN M; (MAUT/) MAUTE K; (SCHM/) SCHMITZ C; (SPAN/) SPANNINGER M;

IN: GANSER T; KAISER T; KOCH C R; MAUTE K; SCHMITZ C; SPANNINGER M; KUEHN M; GRUDEN I; KESSLER R; KLEIN P; WUNDERLICH K; KUHN M;

FA: DE29923272-U1 07.09.2000; US6536411-B2 25.03.2003; **DE19953933**-C1 15.02.2001; DE10025494-A1 31.05.2001; DE10025495-A1 31.05.2001; FR2801344-A1 25.05.2001; US6502545-B1 07.01.2003; DE10025494-C2 30.01.2003; US2002179052-A1 05.12.2002; US2002179055-A1 05.12.2002; US6532935-B2 18.03.2003;

CO: DE; FR; US;

IC: F02B-075/18; F02D-009/02; F02D-013/00; F02D-013/02; F02D-041/00; F02D-043/00; F02P-005/00;

MC: X22-A03G;

DC: Q52; Q54; X22;

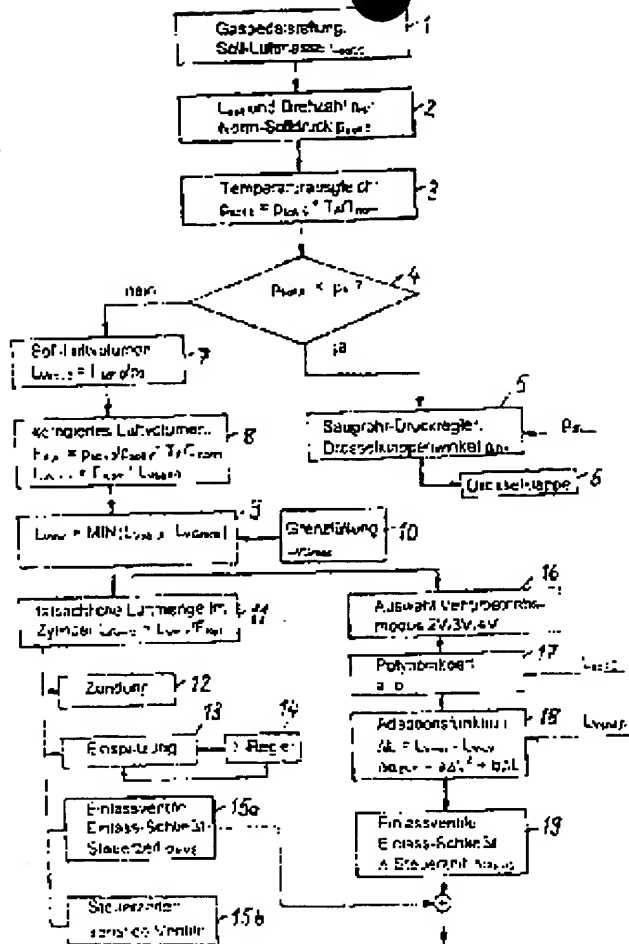
FN: 2000595403.gif

PR: DE1053933 10.11.1999; DE2023272 10.11.1999; US0867168 29.05.2001; US0867248 29.05.2001;

FP: 07.09.2000

UP: 14.04.2003

**This Page Blank (uspto)**



**This Page Blank (uspto)**

2001P 22649



3

BZ

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 199 53 933 C 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 02 D 43/00  
F 02 D 13/02

21 Aktenzeichen: 199 53 933.2-26  
22 Anmeldetag: 10. 11. 1999  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 15. 2. 2001

DE 199 53 933 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Wunderlich, Klaus, 71334 Waiblingen, DE; Klein,  
Peter, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE; Gruden,  
Igor, 71229 Leonberg, DE; Ganser, Thomas, 70327  
Stuttgart, DE; Kessler, Rainer, 71397 Leutenbach,  
DE; Koch, Charles Rob., 71686 Remseck, DE; Maute,  
Kurt, 71067 Sindelfingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 195 30 274 A1

54 Verfahren und Vorrichtung zur Einstellung einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung

57 Bei einem Verfahren zur Einstellung einer Brennkraft-  
maschine mit variabler Ventilsteuerung wird der aktuellen  
Gaspedalstellung eine Soll-Luftmasse und ein Solldruck  
zugeordnet, der Solldruck mit einem Referenzdruck ver-  
glichen, bei Unterschreitung des Referenzdrucks die  
Steuerung der Soll-Luftmasse über die Drosseleinrich-  
tung im Ansaugrohr und bei Überschreitung des Refer-  
enzdrucks die Steuerung der Soll-Luftmasse über die  
Gaswechselventile durchgeführt.

DE 199 53 933 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Einstellung einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung.

Ein derartiges Verfahren ist aus der Druckschrift DE 195 30 274 A1 bekannt, die eine Kolben-Brennkraftmaschine mit vollvariablem Ventiltrieb zeigt, bei dem die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Gaswechselventile unabhängig voneinander steuerbar sind. Gemäß dem Verfahren der DE 195 30 274 A1 ist vorgesehen, dass die Lastvorgabe über das Gaspedal mittels einer Kraftstoff-Steuereinheit in eine einzuspritzende Kraftstoffmenge umgesetzt wird, wobei der Einspritzzeitpunkt und Zündzeitpunkt über entsprechende Kennfelder zu bestimmen sind. Die Steuerung der erforderlichen Frischluftmenge erfolgt über eine Ansteuerung der Gaswechselventile. Über eine Lambdasonde wird das Luftverhältnis Lambda gemessen und in einer Luftsteuereinheit zur Regelung des Frischluft-Massenstromes zugrunde gelegt. Die Regelung des Luftverhältnisses erfolgt durch Manipulation der Öffnungszeiten der Gaseinlassventile.

Da bei bestimmten Betriebspunkten die Regelung des Luftverhältnisses nur bis zur maximalen Frischluftfüllung des Zylinders möglich ist, wird über eine Verknüpfung von der Luft-Steuereinheit mit der Kraftstoff-Steuereinheit die Möglichkeit eröffnet, unabhängig von der Gaspedalstellung die Menge eingespritzten Kraftstoffes zu reduzieren, indem die ermittelte Luftmenge mit einem Korrekturfaktor multipliziert wird. Der Korrekturfaktor wird aus einem Soll-Ist-Vergleich der einströmenden Luftmenge ermittelt, wobei die Ist-Luftmenge mit Hilfe eines Luftmassenmessers ermittelt werden kann.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass aufgrund der Messung und der sich an die Messung anschließenden Regelung die zuzuführende Luftmenge grundsätzlich mit zeitlicher Verzögerung angepasst wird, so dass insbesondere im Bereich dynamischer Vorgänge, beispielsweise im Bereich stark ändernder Geschwindigkeit, ein vom stöchiometrischen Verhältnis abweichendes Kraftstoff-Luft-Verhältnis eingestellt wird.

Darüber hinaus ist es aus der DE 195 30 274 A1 bekannt, den über das Gaspedal vorzugebenden Fahrerwunsch in Abhängigkeit der Lufttemperatur und des Saugrohrdrucks in eine Sollfüllung des Zylinders umzusetzen, die zum Ansteuern des variablen Ventiltriebs herangezogen wird. In Abhängigkeit der aus der Sollfüllung ermittelten Luftmenge wird die Einspritzung und die Zündung gesteuert.

Bei diesem Verfahren werden zwar Temperatur und Druck der angesaugten Luft berücksichtigt, es wird jedoch in der DE 195 30 274 A1 nur eine allgemeine Abhängigkeit angegeben, nicht jedoch eine konkrete Vorschrift zur Berechnung der erforderlichen Luftmenge. Darüberhinaus wird eine Anpassung der Ventilüberschneidung und damit der Restgasgehalt sowie das Umschalten in einen anderen Ventilbetriebsmodus unter Berücksichtigung eines geeigneten Verfahrens, insbesondere bei starken umweltbedingten Ausgleichsvorgängen, nicht unterstützt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, das Kraftstoff-Luft-Verhältnis in einer Brennkraftmaschine in einem weiten Betriebsbereich schnell und zuverlässig einzustellen. Es soll insbesondere die Luftmenge möglichst exakt vorgesteuert werden.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 18 gelöst.

Gemäß der Neuerung ist die Brennkraftmaschine sowohl mit einer variablen Ventilsteuerung zur variablen Einstellung von Gaswechselventilen als auch mit einer Drossel-

richtung im Ansaugrohr ausgerüstet, wobei die Drosselrichtung insbesondere als Drosselklappe ausgeführt ist. Um eine in weiten Betriebsbereichen drosselfreie Einstellung und Regelung der Brennkraftmaschine realisieren zu können ist vorgesehen, dass die Luftzufuhr zu den Brennräumen der Brennkraftmaschine vorzugsweise durch Manipulation der Öffnungs- und/oder Schließzeitpunkte der Gaswechselventile durchgeführt wird und lediglich in Bereichen, in denen eine ausschließliche Einstellung über die Gaswechselventile nicht möglich ist oder in denen sich thermodynamische Vorteile ergeben, auf eine konventionelle Drosselregelung zurückgegriffen wird.

Als Kriterium für die Entscheidung, ob eine Einstellung über die Gaswechselventile oder über die Drosselrichtung erfolgen soll, wird der der Fahreranforderung entsprechende Soll-Druck, in welchem zweckmäßig die Umgebungstemperatur berücksichtigt wird, mit einem Referenzdruck verglichen, der vorteilhaft mit dem Umgebungsdruck identisch ist. Überschreitet der Soll-Druck den Referenzdruck, so erfolgt die Steuerung der Soll-Luftmasse über die Gaswechselventile bei vollständig geöffneter Drosselrichtung; unterschreitet dagegen der Soll-Druck den Referenzdruck, so erfolgt die Steuerung der Soll-Luftmasse über die Drosselrichtung.

In Abhängigkeit der Gaspedalstellung wird vorteilhaft zunächst eine Soll-Luftmasse ermittelt, der ein Soll-Druck im Ansaugrohr zugeordnet wird, welcher um einen Korrekturfaktor, der proportional zur Umgebungstemperatur ist, korrigiert wird. Sofern der temperaturkorrigierte Soll-Druck kleiner als der Referenzdruck – insbesondere der aktuelle Umgebungsdruck – ist, wird die Drosselrichtung aktiviert. Dabei wird der vor der Drosselrichtung anliegende Umgebungsdruck durch Verändern der Drosselklappenstellung auf den korrigierten Soll-Druck reduziert und die der Soll-Luftmasse entsprechende Füllung den Zylindern zugeführt. Diese Ausführung bietet den Vorteil, dass insbesondere in Bereichen kleiner Last und hoher Drehzahl auf die konventionelle Drosselklappensteuerung umgeschaltet werden kann, wodurch Schwingungs- und Trägheitsprobleme der bevorzugt elektromagnetisch betriebenen Ventilsteuerung in diesem Betriebspunkt vermieden werden können; darüber hinaus werden auch thermodynamische Vorteile erzielt. Außerhalb des verhältnismäßig kleinen Bereiches, in welchem eine Drosselung Vorteile bringt bzw. die Ansaugluft-Temperaturkorrektur bis zur völligen Öffnung der Drosselklappe führt, erfolgt die drosselfreie Einstellung der zuzuführenden Frischluftmenge über die Gaswechselventile, vorzugsweise durch Anpassung des Einlass-Schließ-Zeitpunktes des Einlassventils.

Zweckmäßig wird der Schließzeitpunkt des Einlassventils über eine Ausgleichsfunktion korrigiert, deren Polynomkoeffizienten aus Kennfeldern ausgelesen werden. Dabei sind die Polynomkoeffizienten idealerweise in Last- bzw. Füllungskennfeldern über der Motordrehzahl eingetragen. Die Ausgleichsfunktion kann linearen oder quadratischen Verlauf aufweisen.

Die Ausgleichsfunktion wird zweckmäßig für jeden Ventilbetriebsmodus mit entsprechenden Polynomkoeffizienten bedatet. Die Umschaltung in einen neuen Ventilbetriebsmodus erfolgt vorteilhaft nach der volumetrischen Zylinderfüllung, wodurch sichergestellt ist, dass immer zur gleichen Kurbelwinkelposition unabhängig vom Ausgleichsgrad umgeschaltet wird. Alle anderen Steuergrößen wie Öffnungszeitpunkt des Einlassventils und auch Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Auslassventile sowie Zündung und Einspritzung sind weiterhin an die Soll-Luftmasse gekoppelt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung kann es angezeigt

sein, das mit Außendruck und Außentemperatur berücksichtigenden Korrekturfaktoren beaufschlagte Soll-Luftvolumen, welches über die Gaswechselventile zuzuführen ist, auf einen vorgegebenen Maximalwert zu begrenzen, um zu verhindern, dass bei hoher Motorlast das korrigierte Soll-Luftvolumen größer errechnet wird als dies unter Vollast bei Normbedingungen maximal möglich wäre. Durch eine Dekkung des korrigierten Soll-Luftvolumens auf den zulässigen Maximalwert wird der Öffnungszeitraum der Einlassventile begrenzt, wodurch eine Verschiebung des Einlass-Schließt-Zeitpunktes in einen die Verbrennung beeinträchtigenden Betriebspunkt vermieden wird. Das Luftvolumen kann anschließend reziprok rückgerechnet werden, um einen zylinderspezifischen, maximal zulässigen Grenz-Massenstrom zu ermitteln, der für Zündung und Einspritzung herangezogen werden kann.

Unter Berücksichtigung des Differenzvolumens, gebildet aus korrigiertem Luftvolumen und Soll-Luftvolumen bezogen auf Normbedingungen, wird zweckmäßig über eine nachgeschaltete Ausgleichsfunktion der Einlass-Schließt-Zeitpunkt des Einlassventils manipuliert. Dadurch wird sichergestellt, dass das dem Zylinder zugeführte korrigierte Soll-Luftvolumen der Soll-Luftmasse unter Normbedingungen entspricht. Dies hat den Vorteil, dass alle anderen kennfeldabhängigen Größen wie Zündung und Einspritzung und die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der übrigen Gaswechselventile beibehalten werden können.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Ausführungsformen sind den weiteren Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ablaufschema zur Einstellung einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung und Drosselklappe,

Fig. 2 eine Adaptionfunktion zur Anpassung des Einlass-Schließt-Zeitpunktes eines Gaswechselventils an wechselnde Betriebspunkte,

Fig. 3 die Reglerstruktur eines Saugrohr-Druckreglers,

Fig. 4 die Struktur der Vorrichtung zur Einstellung einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung und mit Drosseleinrichtung.

Das in Fig. 1 dargestellte Ablaufschema repräsentiert ein Verfahren zur Einstellung eines stöchiometrischen Kraftstoff-Luft-Verhältnisses in den Brennräumen einer Kolben-Brennkraftmaschine, welche sowohl mit einer Drosseleinrichtung im Ansaugrohr, insbesondere einer Drosselklappe, als auch mit einer variablen Ventilsteuerung ausgestattet ist. Als Ventilsteuerung können sowohl eine vollvariable elektromagnetische Ventilsteuerung mit elektrisch ansteuerbaren Elektromagneten zum Schließen und Öffnen der Gaswechselventile der Brennkraftmaschine als auch Systeme mit pneumatischer oder hydraulischer Ansteuerung oder zwei relativ zueinander verstellbaren Nockenwellen zum Einsatz kommen.

Gemäß dem Verfahrensschritt 1 wird zunächst aus der Gaspedalstellung, welche ein vom Fahrer gewünschtes Motormoment repräsentiert, oder von einer anderen Momentenvorgabegröße, z. B. durch eine Fahrdynamikregelung, in einer Regel- und Steuereinheit der Brennkraftmaschine eine dem gewünschten bzw. angeforderten Motormoment zugeordnete Soll-Luftmasse  $L_{\text{soll},0}$  ermittelt, welche als Norm-Luftmasse unter Normalbedingungen den Brennräumen der Brennkraftmaschine zuzuführen ist. Im folgenden Verfahrensschritt 2 wird aus der Soll-Luftmasse  $L_{\text{soll},0}$  und der aktuellen Motordrehzahl  $n_{\text{ist}}$  gemäß einem hinterlegten Kennfeld ein Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},0}$  bestimmt, der den einzustellenden Saugrohrdruck als Absolutdruck unter Normalbedingungen repräsentiert.

Im folgenden Verfahrensschritt 3 wird der einzustellende

Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},0}$  um einen Temperatur-Korrekturfaktor  $fk_T$  bezogen auf die Normtemperatur erhöht bzw. erniedrigt und in einen temperaturkorrigierten Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  umgerechnet. Der Temperatur-Korrekturfaktor  $fk_T$  berechnet sich aus der Umgebungstemperatur  $T_A$  und einer bekannten Normtemperatur gemäß der Beziehung

$$fk_T = T_A / T_{\text{norm}}$$

Unter Verwendung des Temperatur-Korrekturfaktors  $fk_T$  wird der Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  gemäß

$$p_{\text{soll},k} = p_{\text{soll},0} \cdot fk_T$$

ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass bei angedrosseltem Motorbetrieb die Temperaturkorrektur in den meisten Fällen erst eine Entdrosselung bewirkt, bevor über Steuerzeiten eine weitere Korrektur stattfindet.

In einem in Verfahrensschritt 4 durchgeführten Vergleich von Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  und Umgebungsdruck  $p_A$  wird festgelegt, ob die Füllungskorrektur nur über die Verstellung der Einlassventil-Steuerzeiten oder über die Veränderung der Androsselung (Einstellung des Drosselklappenwinkels der Drosselklappe) bzw. durch eine Kombination beider Methoden erfolgt.

Sofern der Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  den Umgebungsdruck  $p_A$  übersteigt ("nein"-Verzweigung), ist eine Einstellung des Saugrohrdrucks auf den korrigierten Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  durch Einstellung des Drosselorgans im Saugrohr nicht möglich. In diesem Fall wird der Umgebungsdruck  $p_A$  an den Saugrohr-Druckregler übergeben, wodurch die Drosselklappe voll geöffnet wird, so dass kein Drosselverlust im Saugrohr entsteht. Die Befüllung der Brennräume mit Luft erfolgt über den Verfahrenssteg der "nein"-Verzweigung des Verfahrensschrittes 4 durch Anpassung des Einlass-Schließt-Zeitpunktes des Einlassventils bzw. der Einlassventile.

Falls der Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  kleiner ist als der Umgebungsdruck  $p_A$  ("ja"-Verzweigung), erfolgt eine Einstellung der zuzuführenden Luftmenge über das Drosselglied im Saugrohr. Zu diesem Zweck wird der temperaturkorrigierte Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  an den Saugrohr-Druckregler übergeben und dieser über das Drosselglied im Saugrohr eingestellt. In der Saugrohr-Druckregelung gemäß Verfahrensschritt 5 wird in Abhängigkeit des korrigierten Saugrohr-Solldruckes  $p_{\text{soll},k}$  und der Motordrehzahl  $n_{\text{ist}}$  ein vorgesteuerter Drosselklappenwinkel  $\alpha_{DK}$  ausgegeben und gemäß Schritt 6 der Drosselklappe zugeführt. Eine Abweichung des Saugrohr-Istdruckes  $p_{\text{ist}}$  vom Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  wird über den Regelkreis durch Einstellung der Drosselklappenposition angepasst. Ein Beispiel für eine vorteilhafte Saugrohr-Druckregelung ist in Fig. 3 dargestellt.

Über die Soll-Luftmasse  $L_{\text{soll},0}$  aus Verfahrensschritt 1 werden alle Ventilsteuerzeiten aus den entsprechenden Kennfeldern ausgelesen und am Ventiltrieb eingestellt.

Eine Einstellung über die Drosselklappe gemäß dem der "ja"-Verzweigung entsprechenden Verfahrenssteg erfolgt insbesondere in einem Bereich kleiner Last und hoher Drehzahl, weil in diesem Bereich eine Steuerung über die variable einstellbaren Gaswechselventile zu Schwingungs- und Trägheitsproblemen der elektromagnetisch betriebenen Ventilsteuerung führen würde.

In dem Verfahrenssteg 7 bis 19 ist der Verfahrensablauf zur Einstellung des stöchiometrischen Kraftstoff-Luft-Verhältnisses mit Hilfe der variablen Ventilsteuerung bei voll geöffneten Drosselklappe dargestellt, wobei der aktuelle korrigierte Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  und die aktuelle Umgebungstemperatur  $T_A$  bei der Bemessung der zuzuführenden

Frischluftmenge berücksichtigt werden.

Im Verfahrensschritt 7 wird die Soll-Luftmasse  $L_{\text{soll},0}$  unter Normbedingungen unter Berücksichtigung einer Norm-Dichte  $\rho_0$  in ein Soll-Luftvolumen  $L_{\text{v},\text{soll},0}$  unter Normbedingungen umgerechnet. Im Verfahrensschritt 8 wird ein Korrekturfaktor  $F_{\text{Korr}}$  aus dem Verhältnis von Norm-Solldruck zu korrigiertem Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  unter Einbeziehung des Temperatur-Korrekturfaktors  $fk_T = T_A/T_{\text{norm}}$  gemäß der Beziehung

$$F_{\text{Korr}} = p_{\text{soll},0}/p_{\text{soll},k} \cdot fk_T$$

ermittelt. Der Korrekturfaktor  $F_{\text{Korr}}$  wird zur Korrektur des unter Normbedingungen geltenden Soll-Luftvolumens  $L_{\text{v},\text{soll},0}$  herangezogen:

$$L_{\text{v},\text{soll},k} = F_{\text{Korr}} \cdot L_{\text{v},\text{soll},0}$$

Im folgenden Verfahrensschritt 9 wird das Minimum  $L_{\text{v},\text{min}}$  aus korrigiertem Soll-Luftvolumen  $L_{\text{v},\text{soll},k}$  und einer maximal möglichen, aus dem Verfahrensschritt 10 zugeführten Luftvolumen-Grenzfüllung  $L_{\text{v},\text{grenz}}$  bestimmt. Hierdurch wird sichergestellt, dass das maximale Luft-Fassungsvermögen der Zylinder nicht überschritten wird.

Im Folgenden teilt sich das weitere Vorgehen in zwei parallel abzuarbeitende Verfahrenszweige 11 bis 15 und 16 bis 19 auf.

Im Verfahrenszweig 11 bis 15b werden nach einer Rückrechnung auf die sich im Zylinder tatsächlich befindliche Luftmenge  $L_{\text{Grenz}}$  im Verfahrensschritt 11 gemäß dem Zusammenhang

$$L_{\text{Grenz}} = L_{\text{v},\text{min}}/F_{\text{Korr}}$$

die Parameter für die Zündung (Verfahrensschritt 12), für die Einspritzung (Verfahrensschritt 13 unter Berücksichtigung einer in Verfahrensschritt 14 dargestellten  $\lambda$ -Regelung) und außerdem die Steuerzeiten für die Einlass-Schließt-Zeitpunkte (Grundzeit  $\alpha_{\text{EVS}}$  in Verfahrensschritt 15a) und die Einlass-Öffnet-Zeitpunkte der Einlassventile sowie die Auslass-Öffnet-Zeitpunkte und Auslass-Schließt-Zeitpunkte der Auslassventile (Verfahrensschritt 15b) bestimmt. Der optimale Zündzeitpunkt, der optimale Einspritzzeitpunkt und die optimale Einspritzdauer hängen davon ab, ob der Ventilbetrieb der Brennkraftmaschine mit 2, 3 oder 4 Ventilen betrieben wird. Mögliche noch bestehende Lambda-Abweichungen werden über die Lambda-Regelung in den Verfahrensschritten 13 und 14 durch Veränderung der Einspritzzeit ausgeregelt.

Im parallelen Verfahrenszweig 16 bis 19 wird der optimale Ventilbetrieb mit der Anzahl zu betreibender Ventile in Abhängigkeit der Motordrehzahl sowie der volumetrischen Minimalauswahl des korrigierten Soll-Luftvolumens  $L_{\text{v},\text{soll},k}$  und der volumetrischen Grenzfüllung  $L_{\text{v},\text{grenz}}$  festgestellt. Durch die volumetrische Bewertung erfolgt die Umschaltung immer zur selben Kurbelwinkelstellung.

Die Umschaltung zwischen 2-Ventil-, 3-Ventil-, und 4-Ventil-Betriebsmodus hat insbesondere einen hohen Einfluß auf die Restgassteuerung. Im 2-Ventilbetrieb wird mit maximal möglicher Restgasverträglichkeit gefahren, ausgenommen die Betriebsbereiche mit geringer Restgasverträglichkeit, insbesondere der Leerlauf. Im 3- bzw. Mehr-Ventilbetrieb wird mit möglichst geringem Restgasanteil gefahren. Der Restgasanteil nimmt mit zunehmender Last aufgrund steigender Verträglichkeit zu. Im Bereich der mittleren Teillast erreicht der Restgasanteil ein Maximum, welches mit weiter ansteigender Last wieder auf ein Minimum zurückgeht, so dass die maximal mögliche Füllung erreicht werden

kann.

Um sicher zu stellen, dass bei einem Wechsel des Betriebspunktes in möglichst kurzer Zeit die Steuerzeiten des Einlass-Gaswechselventils dem Wunschemoment des Fahrers entsprechend angepasst werden, wird über eine Adaptionsfunktion  $\Delta\alpha_{\text{EVS}}$  in den Verfahrensschritten 17, 18 eine Korrektur des Einlass-Schließt-Zeitpunktes in Abhängigkeit der Differenz von volumetrischer Sollfüllung  $L_{\text{v},\text{soll},0}$  unter Normbedingungen und dem tatsächlichen im Zylinder befindlichen Luftvolumen  $L_{\text{v},\text{min}}$  ermittelt.

Gemäß Fig. 2 handelt es sich bei der Adaptionsfunktion  $\Delta\alpha_{\text{EVS}}$  um eine quadratische Polynomfunktion mit Polynomkoeffizienten a und b, welche im Verfahrensschritt 17 der Fig. 1 ermittelt werden. Die Adaptionsfunktion  $\Delta\alpha_{\text{EVS}}$ , die die Verschiebung des Einlass-Schließt-Zeitpunktes des Einlass-Gaswechselventils angibt, wird gemäß der Beziehung

$$\Delta L = L_{\text{v},\text{min}} - L_{\text{v},\text{soll}}$$

$$\Delta\alpha_{\text{EVS}} = a \cdot \Delta L^2 + b \cdot \Delta L$$

ermittelt, wobei die Polynomkoeffizienten a und b motorspezifisch in Kennfeldern gemäß Verfahrensschritt 17 in Abhängigkeit von Motordrehzahl, Ventilbetriebsmodus und Soll-Luftmasse  $L_{\text{soll},0}$  bei Normbedingungen abgelegt sind.

Die Zumessung der ermittelten volumetrischen Differenzluftmenge erfolgt bevorzugt ausschließlich durch eine Einstellung des Einlass-Schließt-Zeitpunktes  $\alpha_{\text{EVS},k}$  der Einlass-Gaswechselventile durch die Addition des Schließzeitpunktes des Einlassventils bei Normbedingungen  $\alpha_{\text{EVS}}$  (Verfahrensschritt 15a) und der errechneten Schließzeitpunkt-Korrektur  $\Delta\alpha_{\text{EVS}}$  (Verfahrensschritt 19).

In Fig. 3 ist die Reglerstruktur eines Saugrohr-Druckreglers abgebildet. Aus einem Soll-Ist-Vergleich  $p_{\text{soll},k} - p_{\text{ist}}$  des Saugrohrdruckes wird über die PI-Regelung 51 der Regelanteil  $\alpha_{\text{DK},r}$  für den Drosselklappenwinkel ermittelt. Dieser Regelanteil  $\alpha_{\text{DK},r}$  wird auf den vorgesteuerten Anteil des Drosselklappenwinkels  $\alpha_{\text{DK},v}$  addiert, der aus einem Kennfeld 52 in Abhängigkeit der Motordrehzahl  $n_{\text{ist}}$  und der Soll-Luftmenge  $L_{\text{soll},0}$  bestimmt wird. Die Summe der beiden Anteile ergibt den resultierenden Drosselklappenwinkel  $\alpha_{\text{DK}}$ . Eine Kennlinie 53 in Abhängigkeit des Druckquotienten zwischen Saugrohr-Solldruck  $p_{\text{soll},k}$  und Außendruck  $p_A$  sorgt für eine zunehmende Reglerbegrenzung  $\alpha_{\text{DK},\text{max}}$  bis auf Null mit steigendem Saugrohr-Solldruck gegen den Außendruck.

Fig. 4 zeigt in schematischer Darstellung die Struktur einer Vorrichtung für die Zumessung von Verbrennungsluft durch Einstellung der Steuerzeiten der Gaswechselventile und/oder durch Einstellung der Drosselklappenposition im Saugrohr.

Die Soll-Luftmasse  $L_{\text{soll},0}$  wird im Block 101 in Abhängigkeit der Motordrehzahl  $n_{\text{ist}}$ , der Motorlast bzw. der Gaspedalstellung bestimmt und sowohl dem Saugrohr-Druckregler (Block 102) als auch dem Block 103 zur Ermittlung des Soll-Luftvolumens  $L_{\text{v},\text{soll},0}$  zugeführt. Im Saugrohr-Druckregler 102 wird der Drosselklappenwinkel  $\alpha_{\text{DK}}$  bestimmt, hierbei werden die Motordrehzahl  $n_{\text{ist}}$ , der tatsächliche Saugrohrdruck  $p_{\text{ist}}$  und der Außendruck  $p_A$  berücksichtigt.

Parallel zur Bestimmung des Drosselklappenwinkels  $\alpha_{\text{DK}}$  wird aus dem Soll-Luftvolumen  $L_{\text{v},\text{soll},0}$  im Block 104 eine Druck- und Temperaturkompensation sowie eine maximal mögliche Zylinderbefüllung (Grenzfüllung)  $L_{\text{v},\text{min}}$  bzw.  $L_{\text{Grenz}}$  in Abhängigkeit des Temperatur-Korrekturfaktors  $fk_T = T_A/T_{\text{norm}}$  und eines Druck-Korrekturfaktors  $fk_p = p_{\text{soll},k}/p_{\text{soll},0}$  errechnet, wobei diese Korrekturfaktoren so-



wohl im Block 102 als auch im Block 104 – dem Saugrohr-Druckregler – zur Verfügung stehen.

Der Wert  $L_{Vmin}$  für das Luftvolumen wird dem Block 105 für die Ermittlung der Steuerkanten bzw. -zeiten für die Einlassventile EV und die Auslassventile AV in Abhängigkeit der Motordrehzahl  $n_{ist}$ , der Soll-Luftmasse  $L_{soll,0}$  und des Soll-Luftvolumens  $L_{V_{soll,0}}$  zugeführt. Die Steuerzeiten Auslass-Öffnet  $\alpha_{AVÖ}$ , Auslass-Schließt  $\alpha_{AVS}$ , Einlass-Öffnet  $\alpha_{EVÖ}$  und Einlass-Schließt  $\alpha_{EVS,k}$  werden den betreffenden Gaswechselventilen bzw. den die Gaswechselventilen beaufschlagenden Ventiltrieben zugeführt.

Der Wert  $L_{Grenz}$ , der die tatsächliche im Zylinder befindliche Luftmenge bezeichnet, wird den Blöcken 106 und 107 zugeführt, in denen der Zeitpunkt ZZP für die Zündung bzw. die Einspritzmenge und -zeitpunkt  $t_i$  unter Berücksichtigung einer  $\lambda$ -Regelung bestimmt wird.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Einstellung einer Brennkraftmaschine mit Gaswechselventilen mit variabler Ventilsteuerung und einer Drosseleinrichtung im Ansaugrohr, wobei
  - der aktuellen Gaspedalstellung eine Soll-Luftmasse ( $L_{soll,0}$ ) und ein Solldruck ( $p_{soll,0}$ ,  $p_{soll,k}$ ) zugeordnet wird,
  - der Solldruck ( $p_{soll,0}$ ,  $p_{soll,k}$ ) mit einem Referenzdruck ( $p_a$ ) verglichen wird,
  - bei Unterschreitung des Referenzdrucks ( $p_a$ ) die Steuerung der Soll-Luftmasse ( $L_{soll,0}$ ) über die Drosseleinrichtung im Ansaugrohr erfolgt,
  - bei Überschreitung des Referenzdrucks ( $p_a$ ) die Steuerung der Soll-Luftmasse ( $L_{soll,0}$ ) über die Gaswechselventile erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzdruck ( $p_a$ ) mit dem Umgebungsdruck ( $p_a$ ) identisch ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein korrigierter Solldruck ( $p_{soll,k}$ ) für den Vergleich mit der Referenztemperatur ( $T_A$ ) berücksichtigt wird, wobei der korrigierte Solldruck ( $p_{soll,k}$ ) aus einem Norm-Solldruck ( $p_{soll,0}$ ) durch Beaufschlagung mit einem Temperatur-Korrekturfaktor ( $fk_T$ ), der proportional zur Umgebungstemperatur ( $T_A$ ) ist, gemäß den Beziehungen

$$fk_T = T_A / T_{norm}$$

$$p_{soll,k} = p_{soll,0} \cdot fk_T$$

ermittelt wird, worin

$p_{soll,0}$  einen Norm-Solldruck unter Normalbedingungen,

$T_{norm}$  eine normierte Ansaugtemperatur unter Normalbedingungen

$p_{soll,k}$  einen korrigierten Solldruck

$T_A$  die Umgebungstemperatur bezeichnen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der korrigierte Solldruck ( $p_{soll,k}$ ) auf den Umgebungsdruck ( $p_a$ ) begrenzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der korrigierte Solldruck ( $p_{soll,k}$ ) bei der Einstellung der Luftmasse sowohl über die Drosseleinrichtung als auch über die Gaswechselventile berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle der Steuerung der

Soll-Luftmasse ( $L_{soll,0}$ ) über die Drosseleinrichtung der Ist-Ansaugdruck ( $p_{ist}$ ) im Ansaugrohr über einen Drosselregler auf einen Soll-Ansaugdruck ( $p_{soll,k}$ ) eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle der Steuerung der Soll-Luftmasse ( $L_{soll,0}$ ) über die Gaswechselventile der Einlass-Schließt-Zeitpunkt manipuliert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle der Steuerung der Soll-Luftmasse ( $L_{soll,0}$ ) über die Gaswechselventile der Einlass-Öffnet-Zeitpunkt des Gaswechselventils konstant gehalten wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Soll-Luftvolumen ( $L_{V_{soll,0}}$ ) durch Beaufschlagung mit einem Korrekturfaktor ( $F_{Korr}$ ), der proportional zur aktuellen Umgebungstemperatur ( $T_A$ ) ist, ein korrigiertes Soll-Luftvolumen ( $L_{V_{soll,k}}$ ) gemäß der Beziehung

$$L_{V_{soll,k}} = F_{Korr} \cdot L_{V_{soll,0}}$$

ermittelt wird und dass das korrigierte Soll-Luftvolumen ( $L_{V_{soll,k}}$ ) der Brennkraftmaschine durch Manipulation des Einlass-Schließt-Zeitpunkts eines Einlass-Gaswechselventils einem Brennraum oder mehreren Brennräumen zugeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 3 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturfaktor ( $F_{Korr}$ ) in Abhängigkeit des korrigierten Solldrucks ( $p_{soll,k}$ ) gemäß der Beziehung

$$F_{Korr} = (p_{soll,0} / p_{soll,k}) \cdot fk_T$$

ermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das korrigierte Soll-Luftvolumen ( $L_{V_{soll,k}}$ ) auf das Minimum ( $L_{Vmin}$ ) der beiden Werte von korrigiertem Soll-Luftvolumen ( $L_{V_{soll,k}}$ ) und Grenzfüllungsvolumen ( $L_{VGrenz}$ ) begrenzt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem korrigierten Soll-Luftvolumen ( $L_{Vmin}$ ) und dem Korrekturfaktor ( $F_{Korr}$ ) ein zylinderspezifischer, maximal zulässiger Grenzmassenstrom ( $L_{Grenz}$ ) berechnet wird gemäß der Beziehung

$$L_{Grenz} = L_{Vmin} / F_{Korr}$$

der für die Ermittlung des Zündzeitpunktes und/oder der Einspritzdauer herangezogen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der optimale Ventilbetrieb mit zwei oder mehr Ventilen in Abhängigkeit des korrigierten Soll-Luftvolumens ( $L_{Vmin}$ ) und der Motordrehzahl ( $n_{ist}$ ) feststellbar ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zur Berücksichtigung des aktuellen Betriebspunktes der Einlass-Schließt-Zeitpunkt in Abhängigkeit des Soll-Norm-Luftvolumens ( $L_{V_{soll,0}}$ ) und des korrigierten Soll-Luftvolumens ( $L_{Vmin}$ ) gemäß einer festgelegten Adaptionfunktion ( $\Delta\alpha_{EVS}$ ) bestimmt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Adaptionfunktion ( $\Delta\alpha_{EVS}$ ) eine quadratische Polynomfunktion mit Polynomkoeffizienten a und b gemäß der Beziehung

$$\Delta L = L_{V\min} - L_{Vsoll,0}$$

$$\Delta \alpha_{EVS} = a \cdot \Delta L^2 + b \cdot \Delta L$$

ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge eingespritzten Kraftstoffs als Funktion der Grenz-Luftmasse ( $L_{Grenz}$ ) darstellbar ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge eingespritzten Kraftstoffs mittels der Lambdasonde geregelt wird.

18. Vorrichtung zur Einstellung einer Brennkraftmaschine, mit Gaswechselventilen mit variabler Ventilsteuerung zur variablen Einstellung der zuzuführenden Verbrennungsluftmenge und mit einer Drosseleinrichtung im Ansaugrohr, die unabhängig von den variabel einstellbaren Gaswechselventilen betätigbar ist, und mit einer Regel- und Steuereinheit, in der ein den Brennräumen der Brennkraftmaschine zuzuführender Solldruck mit einem Referenzdruck vergleichbar ist, wobei bei Unterschreitung des Referenzdrucks in der Regel- und Steuereinheit ein die Drosseleinrichtung aktivierendes Steuersignal und bei Überschreitung des Referenzdrucks in der Regel- und Steuereinheit ein zumindest ein Gaswechselventil aktivierendes Steuersignal erzeugbar ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

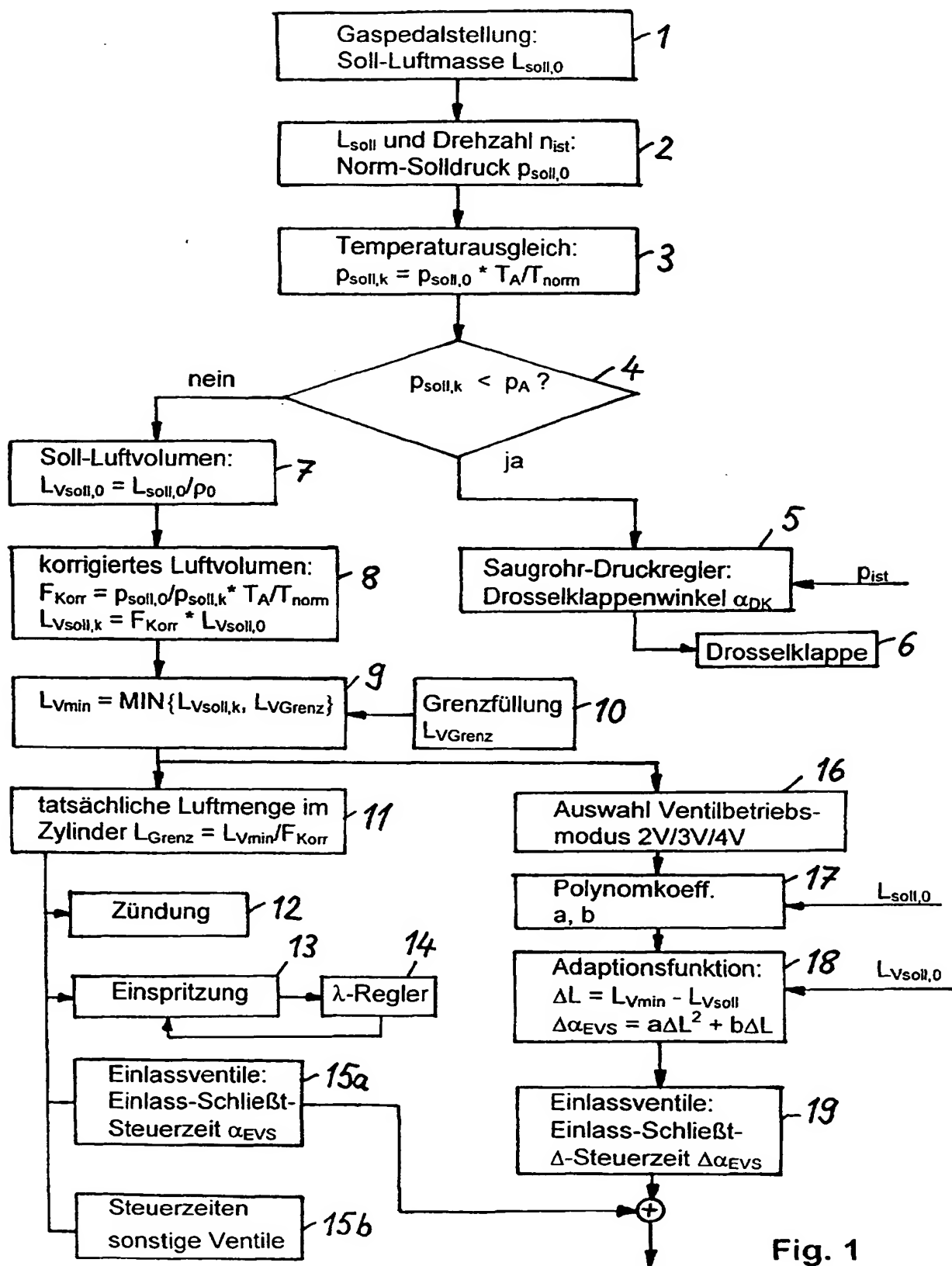


Fig. 1

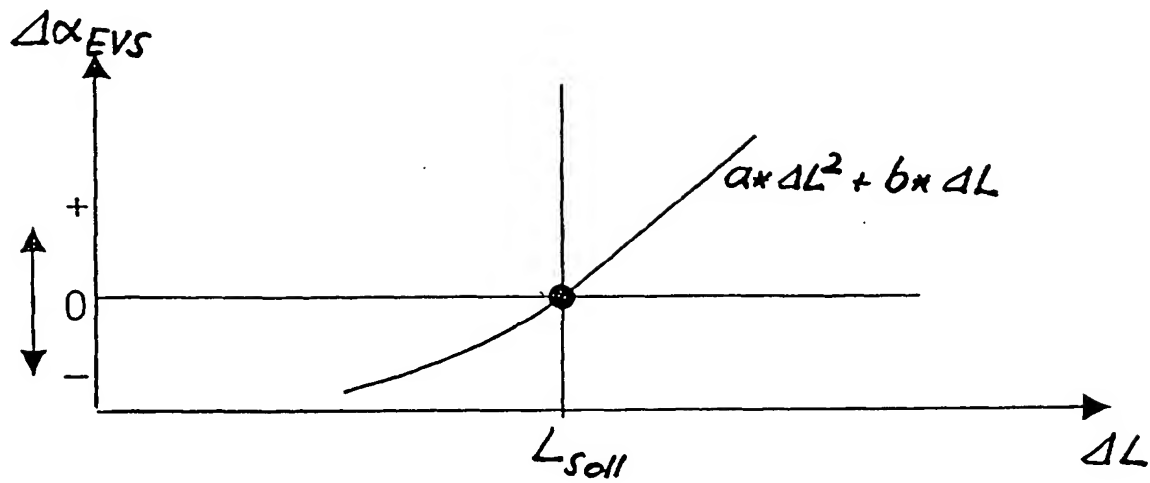


Fig. 2

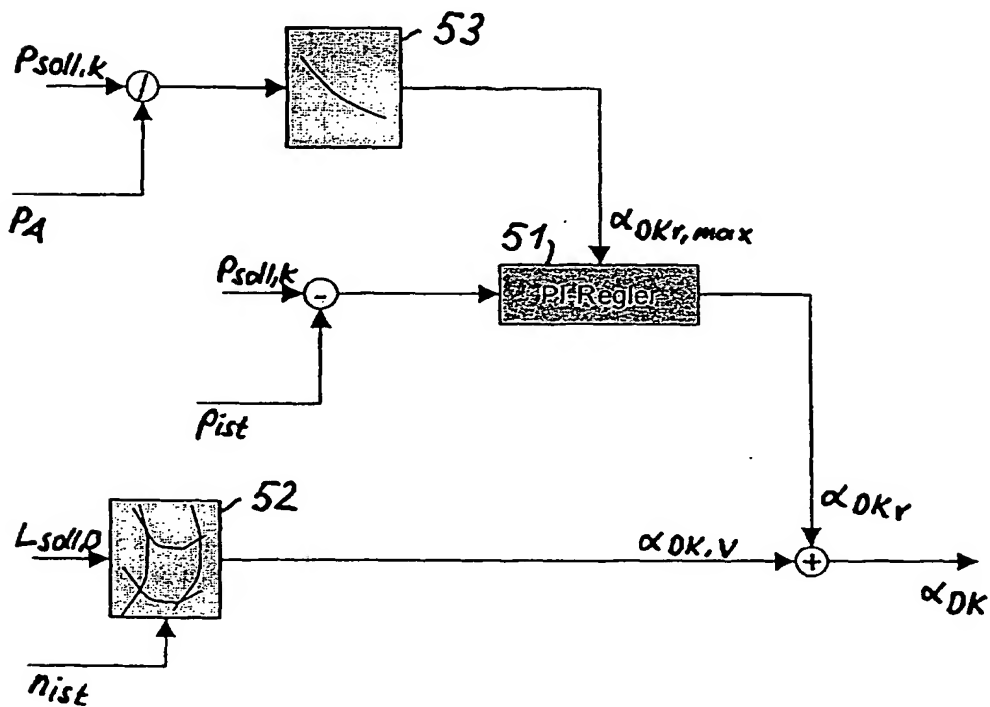


Fig. 3

